

基于 BP 神经网络的我国高等教育学费模型研究

一、 摘要

本文分析和研究了我国高校本科生收费现状，提出了通过采用 BP 神经网络算法建立符合实际要求的模型，以此为参考，指导各个高校根据自身的实际情况，制定合理的收费标准，从而规范高校教育收费。收费模型的建立需要分析主要影响因素，这六个主要影响因素分别是：生均教育成本、学校办学水平、专业差别、地域与经济状况差异、国家财政投入、学生需求与预期收益。生均教育成本即生均培养成本，是制定收费标准的基础；学校类型以及办学水平、专业差别、地域与经济状况差异、学生需求与未来收益是实施差别收费的重要依据；国家投入与补助是制约收费的主要政策依据。对于数据的收集，我们选取 30 所“211 工程”的高校作为训练模型的样本，通过对每一所高校相应因素的比较、分析与统计，将最终结果用数字化的方法赋值，将该数字化结果用于基于 BP 神经网络收费模型的训练与检验中，最终得出各个收费影响因素与学费之间的数学关系。最后我们得到这六个因素的对学费的“影响程度系数矩阵”：

学生需求与预期收益	学校办学水平	专业差异	地域经济差异	国家财政投入	生均教育成本
0.2537	0.8372	0.4193	0.9547	0.2408	1.2830

从这个矩阵我们可以看出这六个因素对学费的影响程度大小依次是：生均教育成本、地域与经济状况差异、学校办学水平、专业差异、学生需求与预期收益、国家财政投入。这样，我们从而建立了一个相对优化、合理的收费预测、指导数学模型。最后通过定量分析得到的结论，我们向我国有关部门提出了自己的建议，以便使相关部门在今后的政策实施中有的放矢，根据国家、社会、学校的不同政策，随着成本、专业、经济、地域等主要影响因素的改变，适时给出学费制定标准调整的参考，使我国高校教育收费更加明晰、合理。

关键词：高等教育 因素数字化 权重矩阵 BP 神经网络 收费模型

目录

一、	摘要.....	1
二、	建模前的准备和相关原理介绍：	3
三、	高校教育收费模型的建立与求解：	4
四、	模型的检验.....	14
五、	模型分析与初步结论：	15
六、	模型的完善与改进：	17
七、	给国家教育部门的建议：	17
八、	参考文献：	19
九、	附录.....	20

二、 建模前的准备和相关原理介绍:

1. 影响学费各主要因素及其构成要素分析:

- 1). 生均教育成本: 生均教育成本即生均培养成本, 指平均每名在校生所分担的教育费用。由于生均教育成本的地域差距, 故在选取样本数据时, 按 31 所高校所在省(直辖市)区域获取高等教育运行生均经费的数据。另外, 参照“在现阶段, 高等学校学费占年生均教育培养成本的比例最高不得超过 25%, 具体比例必须根据经济发展状况和群众承受能力分步调整到位”的规定, 也即预算内教育经费支出占年生均教育培养成本的比例不低于 75% 的规定, 依据《全国教育经费执行情况统计公告》数据推算全国普通高等教育的平均培养成本, 即生均预算教育经费/75%即得所需结果。
- 2). 学校办学水平: 以高校综合排名, 社会声誉, 学术资源, 学术成果, 学生综合素质, 教师资源, 硬件设施作为衡量其办学水平的指标。
- 3). 国家财政投入: 以国家年均教育经费的投入作为其衡量指标。
- 4). 专业差别: 采用相对值的赋值方法, 把对学费影响较大的职业性专业赋值为 1, 影响相对较小的学术性学位赋值为 0。同时, 为了描述专业之间的差别, 将我国学科分为 11 个学科门类: 哲学、经济学、法学, 教育学、文学、历史学、理学、工学、农学、医学、管理学。
- 5). 不同地域与经济状况: 不同地域与经济状况通过地区经济发展水平、地区教育经济发展水平、中国高等教育地区(省、市、自治区)综合竞争力影响教育收费; 另外, 为更准确的反映地区经济发展水平, 将样本高校所在地划分为直辖市(北京、上海、天津、重庆)、东北地区(黑吉辽)、华中地区(湘鄂豫)、西北地区(陕甘宁新)、华东地区(苏浙鲁皖)、华南地区(粤桂琼)、华北地区(晋蒙冀)、西南地区(川贵云藏)。
- 6). 学生需求与预期收益: 学生的需求以其所在高校的年平均就业率衡量, 预期收益由经济收益和非经济收益确定。其中经济收益以毕业生的月薪来衡量, 非经济收益以毕业生所在高校的声誉来衡量。

2. 相关数字化原理:

在对各高校相应数字化过程中, 必须充分考虑各个因素不同的使用背景与条件。

首先必须保证各高校相同因素之间的比较要真实合理, 能够充分反映各个高校实际的差别与不同。这就要求对相应因素数字化分析赋值必须准确合理。基于此分析, 我们采用了“统一规范量程”转化法, 即对各个高校的赋值, 统一比较按照其所在“公共量程”所占比例确定其最终数字化数值, 使得各个高校相同因素之间的比较更加直观合理。

其次对于各个高校不同因素之间的比较必须注意其定义域变换范围的统一, 本模型中采用“0—1”范围。因为只有保证了各个因素的取值范围相同, 使它们比较的起点与等级相同, 其不同因素对最终学费的影响才能正确充分的反映出来, 否则在模型初始化阶段就造成了各个因素之间比较的不平等, 最终也无法准确地反映影响学费的各个不同因素所占的权重和影响程度的大小。

最后, 我们知道各个高校的因素, 往往不是由一个方面所决定的, 通常是受到几个方面条件的制约, 其中如何选取、去掉虚假数据并综合各个方面的制约条件, 使得最终总结的数据更加全面客观地反映所代表因素的实际意义显得尤为重要。本文中采取的是工程上的数字滤波赋值法。本文首先是对各个影响收费因素的不同方面进行分析, 综合

其数值得出能够表达相应收费因素的实际数值，最终将其数字化。经过分析研究，这具有通用性，并且应用此种方法，可以使因素数字化具有更强的容错性与兼容性，可以同时综合分析所有对因素有影响与制约的方面，数据的可信度更高、更能全面反映实际情况。

三、 高校教育收费模型的建立与求解：

1.各高校相应收费构成因素的统计与数字化：

1.1.收费构成因素的统计：（文中所有表格只列出部分数据，全部数据请参见附录）

表 1.1 生均教育成本：

	生均预算教育费用（元）	生均教育成本（元）
北京市	18228.36	24304.48
天津市	9158.63	12211.51
河北省	3625.97	4834.627
山西省	3939.48	5252.64
内蒙古自治区	4109.84	5479.787
辽宁省	4386.89	5849.187
吉林省	4024.89	5366.52
黑龙江省	3844.39	5125.853
上海市	11942.85	15923.8

表 1.2 学校办学水平：

	排名	声誉得分	学术资源得分	学术成果得分	学生综合素质得分	教师资源得分	硬件设施得分
清华大学	1	100	100	100	100	100	100
中国人民大学	9	82.2	71.1	41.5	85.8	49.6	80.8
厦门大学	19	78	58.6	31.4	83.9	51	49.6
北京大学	2	100	95.2	90	89.3	97.6	87.7
四川大学	20	75.8	49.4	31.7	76.8	46.2	77.5
北京航空航天大学	17	77.6	46.5	43.1	86.5	57.2	64.8
复旦大学	3	91.7	83.6	67.8	84.8	74.5	79.1
中山大学	11	81.2	58	49	78.8	51.9	79.6
同济大学	26	81.5	33	25	77.2	50.2	68.7

表 1.3 国家财政投入：

	年均教育经费（亿元）
清华大学	35.91
中国人民大学	5.96
厦门大学	5.62
北京大学	24.08
四川大学	8.49
北京航空航天大学	8.41
复旦大学	13.12
中山大学	8.04
同济大学	9.61
浙江大学	18.74

表 1.4 地域与经济差异：

	地区经济 GDP(亿元)	教育经济发展 水平（年人均 GDP）（元）	各地区大学教 育发展水平 （分）
北京	8879	57431	100
天津	5014	47972	67.57
上海	11658	65473	74.04
重庆	3938	14011	58.61
华中地区（湘鄂豫）	31051	14170	61.07
华北地区（晋蒙冀）	24992	19852	53.01
东北地区（黑吉辽）	22192	20640	74.04
西北地区（陕甘宁新）	11374	12796	68.02
华南地区（粤桂琼）	36370	25140	52.15
华东地区（苏浙鲁闽皖赣）	88366	24968	62.06
西南地区（川贵云藏）	16786	9679	61.15

表 1.5 学生需求与预期收益：

	高校就业率	非经济收益（分）	经济收益（元）
清华大学工学	98%	100	3167
中国人民大学法学	95.0%	82	2900
厦门大学工学	97.40%	78	2233
北京大学文学	99%	100	2833
四川大学医学	90%	76	2065
北京航空航天大学法学	99.0%	78	2357
复旦大学哲学	95%	92	3863
中山大学医学	94%	81	3083
同济大学文学	95%	81	3517
浙江大学工学	97%	92	2058
西安交通大学管理学	96%	82	3682

表 1.6 专业差别：

	专业排名	专业类型
清华大学工学	1	1
中国人民大学法学	1	1
厦门大学工学	75	1
北京大学文学	1	0
四川大学医学	3	1
北京航空航天大学法学	174	1
复旦大学哲学	5	0
中山大学医学	3	1
同济大学文学	86	0
浙江大学工学	4	1
西安交通大学管理学	9	1
中国农业大学农学	1	1

1.2.收费构成因素的数字化：

综合前文对各个影响因素的分析，统计相应的数据，在统一变量变化范围的前提下进行各个因素的数字化，具体完成对其的数学描述，为下面数学模型的建立与分析做好准备。需要注意的是：在选取数据的时候，有具体数据、打分，也有相对排名。因此不同的评判角度需要用不同的办法处理。首先，针对各个高校同一因素的具体数值以及打分，进行数字化处理：“统一规范量程”，即首先利用检索工具确定同一因素中不同高校数值中的最大值 Max 与最小值 Min ，以此确定数据变化基本范围，然后按照不同高校数值在其间所占份额，确定其数字化值，使不同高校之间的比较更加直观有效。其通过下式确定

$$L = \text{Max} - \text{Min} \quad (1.1)$$

然后按照各高校因素的数值，确定其所占份额，同时统一定义域变化范围到(0—1)之间，完成量程统一与数字化。如式（1.2）所示：

$$q = \frac{(x - \text{Min})}{L} \quad (1.2)$$

其次，针对排名类数据，其为常规数字化方法所无法处理的，因为其份额与其数值成反比，即其数值越小其权重越大。本文中采用了“反序归一权值法”。如式(1.3)所示。

$$q = \frac{\text{Max} - x}{L} \quad (1.3)$$

然后就是针对影响制约同一因素的不同条件的综合数字化，本文中采用了基于工程运用中的“均值滤波”法。如式(1.4)所示：

$$q_{\text{final}} = \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_n}{n} \quad (1.4)$$

基于以上数字化原理，进行各因素的数字化，得出以下数据表格：

表 1.7 生均教育成本

	生均预算教育费用	生均教育成本	综合数字化
北京市	1	1	1
天津市	0.4335	0.4335	0.4335
河北省	0.0879	0.0879	0.0879
山西省	0.1074	0.1074	0.1074
内蒙古自治区	0.1181	0.1181	0.1181
辽宁省	0.1354	0.1354	0.1354
吉林省	0.1128	0.1128	0.1128
黑龙江省	0.1015	0.1015	0.1015
上海市	0.6074	0.6074	0.6074
江苏省	0.1934	0.1934	0.1934
浙江省	0.3083	0.3083	0.3083

表 1.8 学校办学水平

	排名	声誉	学术资源	学术成果	学生综合素质	师资力量	硬件设施	综合数字化
清华大学	1	1	1	1	1	1	1	1
中国人民大学	0.733	0.49	0.579	0.295	0.56	0.14	0.63	0.492
厦门大学	0.4	0.37	0.397	0.174	0.51	0.17	0.04	0.293
北京大学	0.967	1	0.93	0.88	0.67	0.96	0.77	0.882
四川大学	0.367	0.31	0.262	0.177	0.29	0.09	0.57	0.294
北京航空航天大学	0.467	0.36	0.22	0.315	0.59	0.27	0.33	0.364
复旦大学	0.933	0.76	0.761	0.612	0.53	0.57	0.6	0.682
中山大学	0.667	0.46	0.388	0.386	0.35	0.18	0.61	0.435
同济大学	0.167	0.47	0.023	0.096	0.3	0.15	0.4	0.231
浙江大学	0.867	0.76	0.445	0.88	0.22	0.41	0.81	0.627

表 1.9 国家财政投入

	综合数字化
清华大学	1
中国人民大学	0.058768
厦门大学	0.048083
北京大学	0.628221
四川大学	0.138278
北京航空航天大学	0.135764
复旦大学	0.283784
中山大学	0.124136
同济大学	0.173476
浙江大学	0.460402

表 2.0 地域与经济差异

	地区经济 GDP	教育经济发展 水平	教育发展水平	综合数 字化
北京	0.0585232	0.855862638	1	0.638129
天津	0.0127446	0.686328279	0.322257053	0.340443
上海	0.0914389	1	0.457471264	0.516303
重庆	0	0.077642757	0.135005225	0.070883
华中地区（湘鄂豫）	0.3211375	0.080492526	0.186415883	0.196015
华北地区（晋蒙冀）	0.2493722	0.182331433	0.017972832	0.149892
东北地区（黑吉辽）	0.2162079	0.196454816	0.457471264	0.290045
西北地区（陕甘宁新）	0.088075	0.055866222	0.331661442	0.158534
华南地区（粤桂琼）	0.384138	0.27710865	0	0.220416
华东地区（苏浙鲁闽 皖赣）	1	0.274025881	0.207105538	0.49371
西南地区（川贵云藏）	0.152177	0	0.188087774	0.113422

表 2.1 学生需求与预期收益

	就业率	非经济收益	经济收益	综合数字化
清华大学工学	92%	1	0.712515	0.876394
中国人民大学法学	67%	0.48571429	0.60223	0.58487
厦门大学工学	87%	0.37142857	0.326724	0.521607
北京大学文学	100%	1	0.574556	0.858185
四川大学医学	25%	0.31428571	0.257332	0.273872
北京航空航天大学法学	100%	0.37142857	0.377943	0.583124
复旦大学哲学	67%	0.77142857	1	0.812698
中山大学医学	58%	0.45714286	0.677819	0.572765
同济大学文学	67%	0.45714286	0.857084	0.660298
浙江大学工学	83%	0.77142857	0.25444	0.619734

表 2.2 专业差别

	专业排名	专业类型	综合数字化
清华大学工学	1	1	1
中国人民大学法学	1	1	1
厦门大学工学	0.57225434	1	0.786127
北京大学文学	1	0	0.5
四川大学医学	0.98843931	1	0.99422
北京航空航天大学法学	0	1	0.5
复旦大学哲学	0.97687861	0	0.488439
中山大学医学	0.98843931	1	0.99422
同济大学文学	0.50867052	0	0.254335
浙江大学工学	0.98265896	1	0.991329

表 2.3 相应高校学费与因素分析总表

	办学水平	国家投入经费	地域经济水平	专业差别	学生需求预期收益	生均教育成本	学费(元)
清华大学工学	1	1	0.638129	1	0.876394	1	5000
中国人民大学法学	0.4916	0.058768	0.638129	1	0.58487	1	5000
厦门大学工学	0.2934	0.048083	0.49371	0.786127	0.521607	0.1439	5460
北京大学文学	0.8818	0.628221	0.638129	0.5	0.858185	1	5000
四川大学医学	0.2943	0.138278	0.113422	0.99422	0.273872	0.0083	4920
北京航空航天大学法学	0.3641	0.135764	0.638129	0.5	0.583124	1	5000
复旦大学哲学	0.6816	0.283784	0.516303	0.488439	0.812698	0.6074	5000
中山大学医学	0.4352	0.124136	0.220416	0.99422	0.572765	0.3781	5760
同济大学文学	0.2308	0.173476	0.516303	0.254335	0.660298	0.6074	5000
浙江大学工学	0.6267	0.460402	0.49371	0.991329	0.619734	0.3083	4800

2.高校收费模型的建立:

2.1 前面我们分析了影响各高校收费的 6 个因素,最终分析、统计出各个因素数字表达以及各高校学费标准,进而要了解这些因素对学费影响的程度,以此为参考来制定收费指导政策。但是,要想准确真实地反映各个因素与收费的关系,最有效的方法就是对统计结果进行数学分析,通过数学运算的方式得到其对应的关系从而找到它们内在的变化规律,这样才会不为表面现象所迷惑,制定出切实可行的指导方针与政策。

2.2. BP 神经网络的构建和训练:

首先,进行样本的分配:把选取的样本分成两部分,一部分作为训练样本集用来训练模型,另一部分用来检验模型是否达到了要求实现模型的基本功能。在相关文献中很少提及样本集的分配的,通常是将样本集随机地分成两份。采用较多数量的训练样本集。这样虽然扩大预测范围,减少了因典型样本点的缺失而带来的采集误差,但训练样本过多则会增加网络训练时间,容易出现“过拟和”问题,而训练样本过少显然会对网络泛

化能力有严重影响。经过研究发现，在小样本的条件下，一般每个权重选 3~8 个训练样本；在大样本的条件下每个权重选 5~10 个训练样本。实际应用中为保证检验样本子空间包容于训练样本的子空间之内，避免检验样本在试验中出现外推现象，把样本集中的最大、最小的样本挑选出来作为训练样本。由于数据缺失等原因，本文样本最终总数共有 27 个（其他 3 所高校的数据缺乏），基于分析后，将其分为两部分，其中用于网络训练的样本有 20 个，检验样本共有 7 个。

其次，选用 3 层 BP 神经网络建立收费模型。其中每层单元只接受前一层的输出信息再输出给下一层各单元。基于实际问题的分析，可知网络只有一个输出 y ，即最终的学费；六个输入变量，即生均教育成本、地域经济差异、国家财政投入、专业差异、学校办学水平、学生需求及预期收益；以此确定了输入层与输出层的节点数分别为 6 个和 1 个。而中间隐层节点数的选取当前大致有两种方法：一类是静态构造方法：即在网络的权值和阈值更新学习过程中，结构不再改变。此法开始并不知道网络模型合适的隐层节点数，也不知道在优化网络结构下的合适权值，所以只能凭以往的经验确定网络结构，构造的网络空间很大，训练时间较长；另一类为动态构造法：即输入输出节点数不变，而隐层节点数可变，初始时放入足够多的隐层节点，然后逐渐删掉那些不起作用的节点，直到节点不可收缩为止。本文采用第二种方法。将 BP 网络迭代效果最佳的 SCG 和 COB 算法代入 MATLAB 程序运行，最终可得，网络模型的最佳隐层节点数为 8。据此可知，基于 BP 神经网络收费模型的最佳网络拓扑结构为：6×8×1。

令 $in_j^{(i)}$ 和 $out_j^{(i)}$ 表示第 i 层第 j 个神经元的输入和输出，网络的各层输入输出关系为：

第一层（输入层）：将输入引入神经网络，

$$out_i^{(1)} = in_i^{(1)} = x \quad i = 1, 2, \dots, 6$$

x 为所有因素综合数字化后的结果。

第二层（隐层）：

$$\begin{cases} in_j^{(2)} = \sum_{i=1}^6 w_{ij}^{(1)} out_i^{(1)} \\ out_j^{(2)} = f(in_j^{(2)}) \end{cases} \quad j=1, 2, \dots, 8$$

其中 $f(x)$ 是激发函数，可以取不同的形式，这里我们选用高斯基函数：

$$F(x) = \exp\left[-\frac{(x-a)^2}{b^2}\right]$$

第三层（输出层）：

$$y = out_1^{(3)} = in_1^{(3)} = \sum_{i=1}^8 w_i^{(2)} out_i^{(2)}$$

以上就完成了基于神经网络的数学模型的整体构建。

下一步是要确定网络的学习算法。学习的基本思想是：通过一定的算法调整网络的权值，使网络的实际输出尽可能接近期望的输出。在本网络中，采用误差反传（BP）算法来调整权值（即 BP 神经网络）。其基本原理是：当网络的输入（即相应影响因素）为 $X = (x_1, x_2, \dots, x_{32})$ 时，网络的实际输出为 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_{32})$ ，网络的期望输出（即实际的学费值）为 $D = (d_1, d_2, \dots, d_{32})$ 。

定义学习的目标函数为：（均方差法）

$$J = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (d_i - y_i)^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m e_i^2$$

同时 BP 算法通过下列公式来调整权值，使目标函数最小：（最速下降法）

$$w(t+1) = w(t) - \gamma \frac{\partial J}{\partial w} \quad \text{其中，}\gamma\text{为学习率。}$$

具体分析每一层神经网络，可以得到：

$$w_{ij}^{(1)}(t+1) = w_{ij}^{(1)}(t) - \gamma \frac{\partial J}{\partial w_{ij}^{(1)}}$$

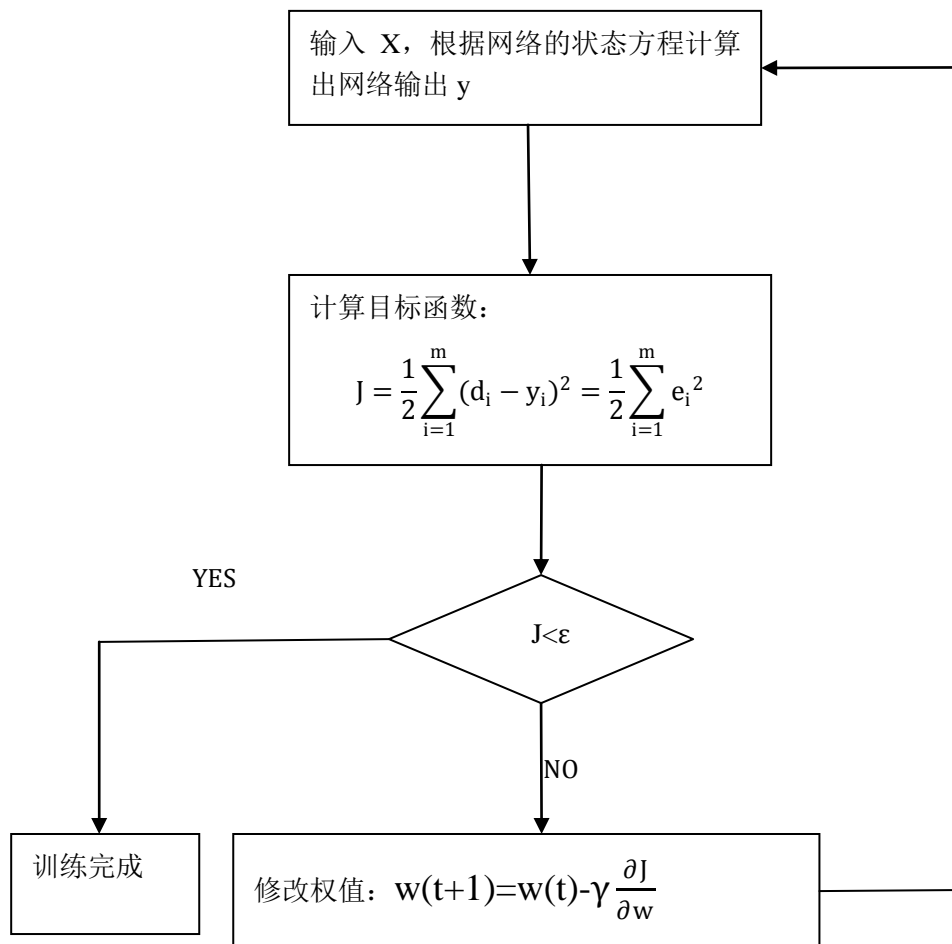
$$w_{jk}^{(2)}(t+1) = w_{jk}^{(2)}(t) - \gamma \frac{\partial J}{\partial w_{jk}^{(2)}}$$

基于以下公式，偏差逐步反传：

$$\frac{\partial J}{\partial w_{jk}^{(2)}} = \frac{\partial J}{\partial y_k} \frac{\partial y_k}{\partial \text{out}_k^{(3)}} \frac{\partial \text{out}_k^{(3)}}{\partial \text{in}_k^{(3)}} \frac{\partial \text{in}_k^{(3)}}{\partial w_{jk}^{(2)}}$$

$$\frac{\partial J}{\partial w_{ij}^{(1)}} = \sum_{k=1}^m \left(\frac{\partial J}{\partial y_k} \frac{\partial y_k}{\partial \text{in}_k^{(3)}} \frac{\partial \text{in}_k^{(3)}}{\partial \text{out}_j^{(2)}} \right) \frac{\partial \text{out}_j^{(2)}}{\partial \text{in}_j^{(2)}} \frac{\partial \text{in}_j^{(2)}}{\partial w_{ij}^{(1)}}$$

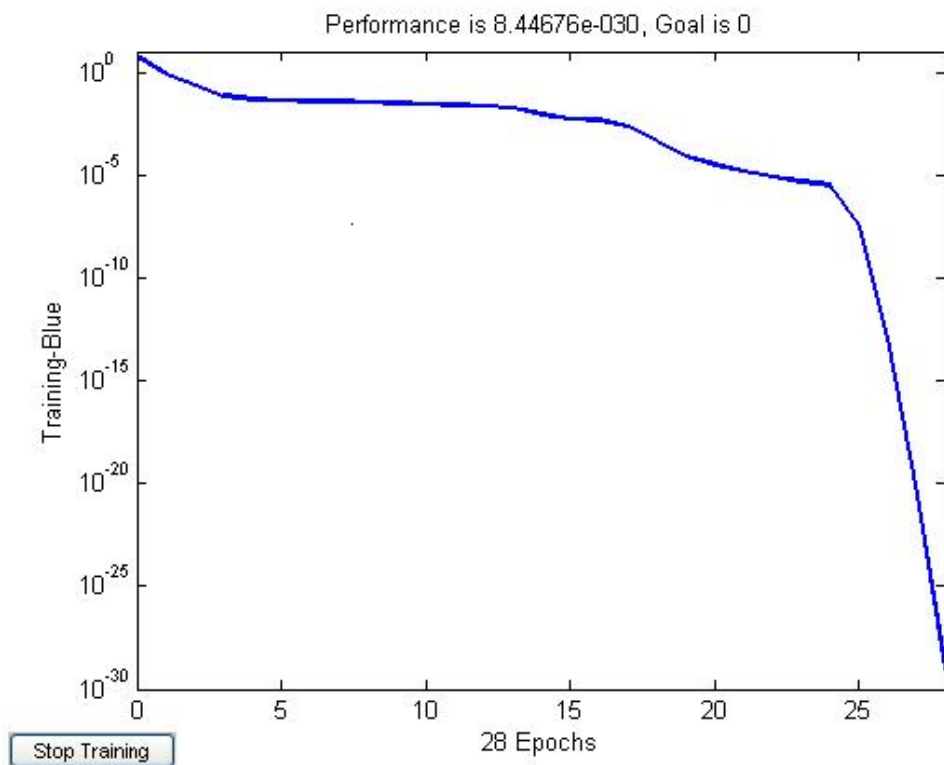
基于 BP 的神经网络分析模型具体的训练过程可用如下流程图表示：这里我们设定要求误差为 $\varepsilon = 10^{-5}$



3.模型求解：

基于以上分析，通过 Matlab 编程或使用 Matlab 自带的神经网络工具箱便可完成基于 BP 神经网络的收费模型的实际建立与训练。

训练的结果为：



训练误差及步数曲线

横轴：训练步数 纵轴：偏差变量

从结果中可以看出，程序通过 20 步达到预设误差。

输入层权值矩阵为：

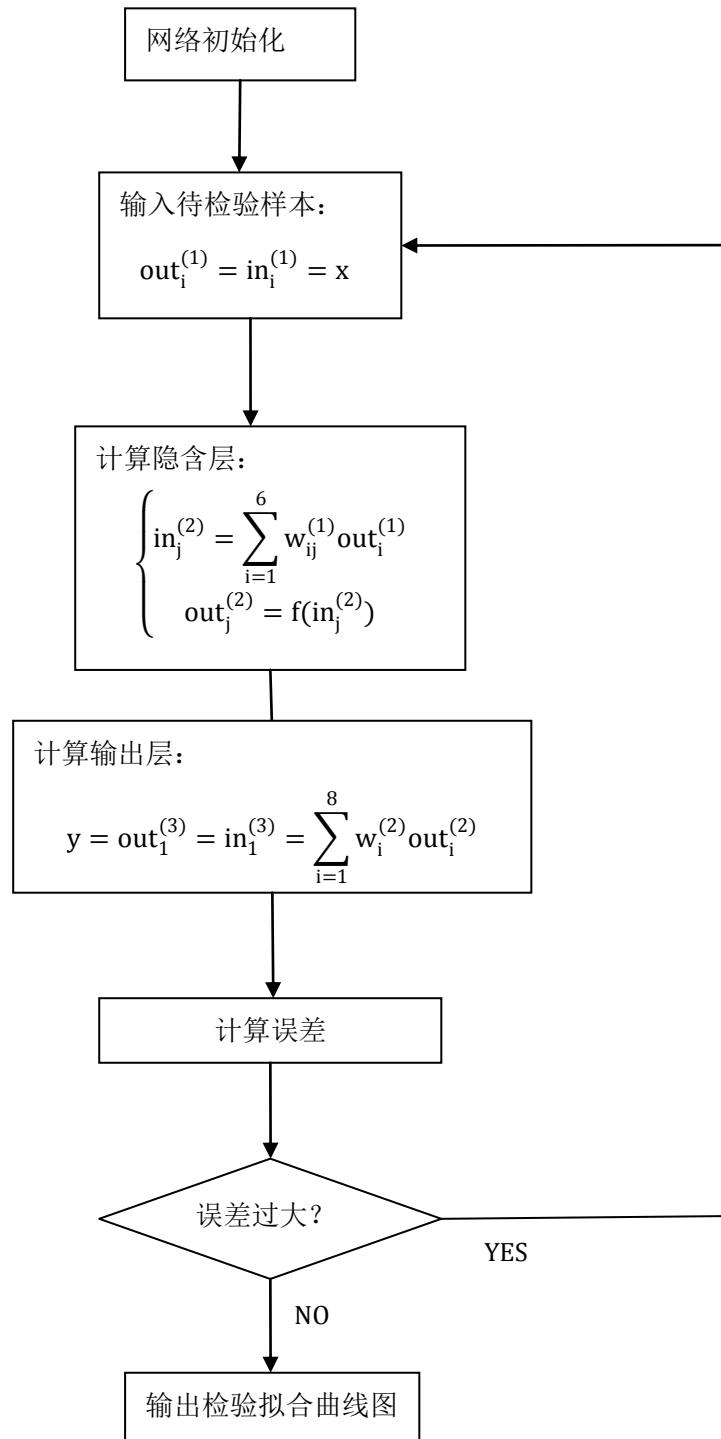
4.1919	-4.1439	-0.9647	2.9783	4.9677	0.0420
-2.5096	-4.2609	-2.6873	3.3022	-3.9906	1.3280
1.8261	-4.2913	-0.7864	2.6598	3.8759	-3.5239
3.8168	4.4026	-1.3519	-4.2831	3.7251	-2.4139
-4.3280	-1.3649	-2.0227	-3.7791	-2.1959	2.7317
3.9669	-0.2747	-6.5495	0.9824	2.1450	0.4400

中间层权值矩阵为：

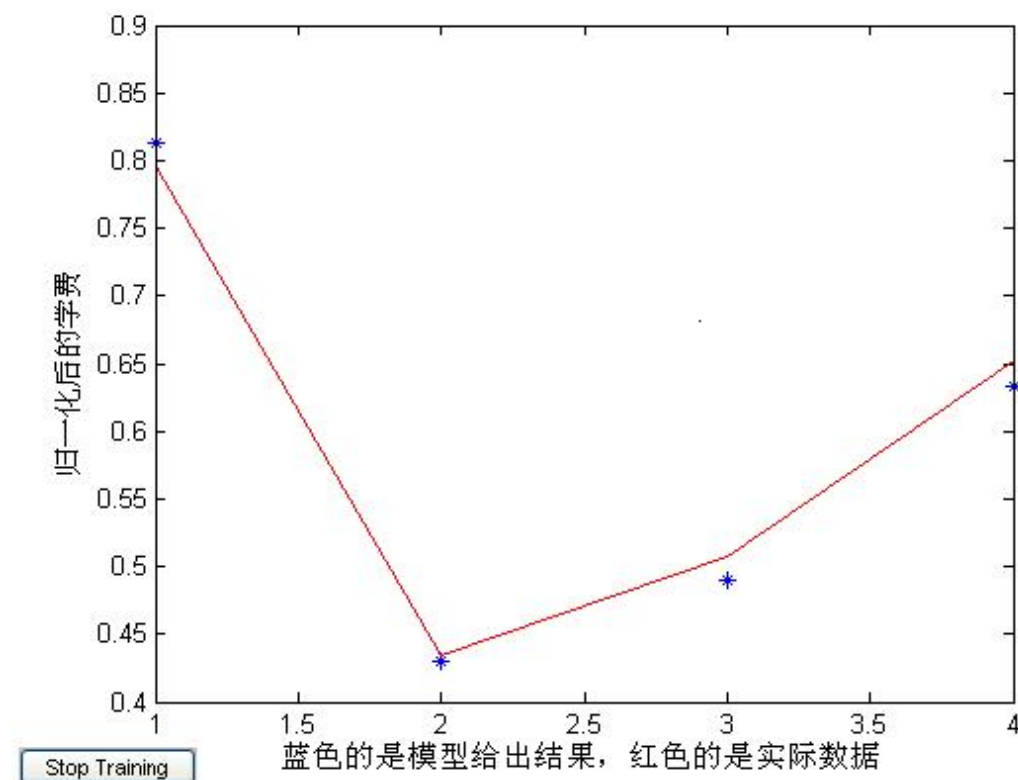
1.7052	2.9802	0.9358	1.3606	-2.3245	0.3548
0.0020	-1.0529	-0.9049	3.9706	-1.7718	2.2306
-1.5484	-1.2663	-0.9305	1.3328	-1.9802	2.2645
-0.3381	0.5383	-1.7441	-3.7433	0.9177	-0.6410
-3.0372	-0.6194	-1.3222	-1.0642	-1.3751	2.3529
-1.9450	2.8214	-1.4203	-2.3956	0.8373	0.4297
-1.9707	-0.4561	-0.8150	1.1654	2.9994	0.7696
0.4253	1.8292	-0.7768	-3.0852	-1.8876	-2.1300

四、模型的检验：

网络模型建立起来并完成训练后，它是否能够实现预先期望的功能，对新的输入样本进行相关预测、解析，也是本文需要完成的。它最终的检验方式就是通过与训练样本同性质的正确样本数据进行检验与分析。将待检验的样本数据通过 **MATLAB** 输入，进行学费的预测。最终将收费模型的预测结果与已知的学费比较，看其误差是否在限定的范围以内，如果满足条件则证明模型是可用的，具体检验程序流程如下图所示：



基于以上的分析，选取样本数据中的另外一部分检验样本进行检验，检验的结果如下图所示：



从图中可以看出，该 BP 神经网络模型较好地实现了模型预测的功能，曲线拟合度较高，误差限制在(0-0.02)之间。

五、 模型分析与初步结论：

以上完成了神经网络的建立与训练，通过检验与分析，验证了模型的正确性与可用性。在此基础之上，我们将以正确的模型参数为依据对收费模型的进行初步的分析。因为基于神经网络的曲线拟和，其根本功能跟普通的函数曲线拟和方法相同，在其中应用神经网络算法主要是用来解决输入、输出关系复杂，数据随机性较大，常规算法无法达到目的的问题。

神经网络算法与一般函数的曲线拟和的最大不同是：它是通过权值矩阵的形式来代替原来函数的一维系数，但是系数的根本理论依据与实际意义没有改变，仍然是表征同阶变量变化时对输出结果（因变量）的影响大小。所以，可以应用同样的分析方法：利用同阶变量在相同定义域下的系数（权值矩阵的形式），表征其对输出结果影响的大小或制约的程度，来进行复杂问题的分析。但是为了规范分析过程，应用相关分析、比较理论，还是需要对权值矩阵进行处理，将其转化为一维系数的形式。

下面进行具体的分析：首先，通过 Matlab 编程得到 BP 神经网络收费模型的权值矩阵（综合中间层五个神经元权值系数后的最终输入变量权值矩阵）。其权值矩阵为（行代表输入的不同影响因素变量；列代表每个输入变量的神经元权值）：

ans=

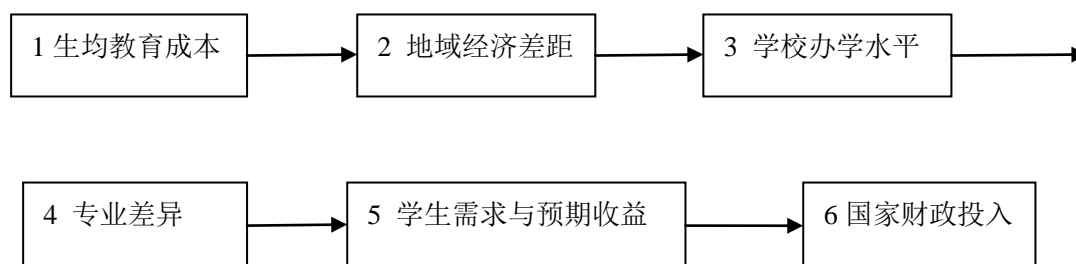
1.7052	2.9802	0.9358	1.3606	-2.3245	0.3548	办学水平
0.0020	-1.0529	-0.9049	3.9706	-1.7718	2.2306	国家财政投入
-1.5484	-1.2663	-0.9305	1.3328	-1.9802	2.2645	地域经济差异
-0.3381	0.5383	-1.7441	-3.7433	0.9177	-0.6410	专业差别
-3.0372	-0.6194	-1.3222	-1.0642	-1.3751	2.3529	学生需求与预期收益
-1.9450	2.8214	-1.4203	-2.3956	0.8373	0.4297	生均教育成本
-1.9707	-0.4561	-0.8150	1.1654	2.9994	0.7696	
0.4253	1.8292	-0.7768	-3.0852	-1.8876	-2.1300	

此处仍采用“均值滤波”数学表征法进行权值与自变量（学费影响因素）系数的转换：求出同一变量的各权值系数的平均值后取绝对值，作为相应因素最后对学费影响的程度系数进行分析。因为同一变量（学费影响因素）的不同权值算术取平均值可以获得其在整个网络中的整体权重值；而不同变量的权重值最后都取绝对值又保证了它们比较的基准相同，可以全部通过正向比较来区分不同权重值的大小。此外在 BP 神经网络中其权值的符号只是用来在网络内部进行均衡调整的，以使得训练模型能够尽快的收敛，而最终进行不同自变量（学费影响因素）比较时，可以不用考虑。下面通过使用“均值滤波”法对输入权值求取相应的“影响程度系数”，结果为：

result=

学生需求与预期收益	学校办学水平	专业差异	地域经济差异	国家财政投入	生均教育成本
0.2537	0.8372	0.4193	0.9547	0.2408	1.2830

由此可以通过参数比较得出，按照对学费影响程度系数大小排列学费影响因素，如下所示：



通过以上分析我们可以发现：

- 1).生均教育成本、地域经济差距、学校办学水平三个因素影响权重相对较大，说明它们对最终学费的影响程度最大，在进行学费标准的制定与调整时，是首先需要考虑的；
- 2).专业差异因素影响程度居中，它是学费制定的平衡点，是一个区分不同性质学科学费的一个关键因素；
- 3).学生需求与预期收益、国家财政投入与其它因素相比，相对影响程度较小。

六、 模型的完善与改进：

一个相对合理的指导、预测模型，需要使用正确、真实的训练、检验样本，这是因为神经网络模型的应用范围完全是建立在训练样本的性质与变化趋势上的。所以基于BP神经网络的收费模型能否对学费的制定起到指导与预测作用，首先取决于模型的训练与检验样本。在进行因素分析的过程中，选取什么样的指标对这个因素进行表示、选取这个指标之后，用来自哪里的什么数据，都是本文的难点所在。由于数据的缺失、资源共享的有限以及时间的紧迫，最终获得的样本与样本数据仍然存在一些疏漏。但我们在进行各项指标的分析与统计的时候，尽量找到了合适的理论依据以及规范的数据信息，但仍然存在不足。在今后的研究中希望改进以下几个问题：完善缺失的个别数据、找到各高校学生需求率与收益率的科学统计与研究、专业差异的科学体现；尽可能多的收集准确性高，涵盖面广的有关高校的数据，不仅限于“211”工程所覆盖的高校。在解决以上问题以后，相信样本会更加准确，建立的模型也更为规范。并且在高校奖学金和国家助学金制度日益成熟的大环境下，在因素的选取上要继而考虑到奖学金、助学金政策的实施对收费的影响，使因素分析更加全面。另外，随着高等教育收费制度实施的深化，硕士研究生教育全面收费势在必行，并且近几年我国大部分高校都实施了硕士研究生教育收费制度，所以硕士研究生的学费也将成为我国高等教育学费的重要组成部分，因此在今后的研究中应将硕士研究生的学费列入考虑范围。

七、 给国家教育部门的建议：

从政治的角度来看，首先，必须在保证国家供给充足的前提下，拓宽高等教育经费筹措渠道，实现国家、社会、个人共同办学。国家投入以及其他经费来源与学费收取多少是此消彼长的关系，投入多，学费标准应该降低；投入少，标准就要升高。但从对最终获得的权重结果分析来看，国家投入与收费标准的关系并不是十分显著，这一方面体现出各高校自筹教育经费的能力有了很大的提高，另一方面也说明国家投入对高校学费标准制定的影响不大或者在减弱。

在国家对教育供给的垄断和教育供给等级化的条件下，中国经济转型时期政府行为企业化、公共权力和公共资源的资本化是高校收费居高不下的根本原因，解决这一问题必须依赖于对体制进行改革，政府首先需要财政提供充足的资金。按中国现在的国民生产总值水平计算，提升一个百分点意味着增加一千多亿教育经费，若其中的1/3用于高等教育，即有300多亿，“一个百分点”的国家教育财政投入的承诺能够兑现，学费收取标准将会很大程度的降低。我国高校学费收入比例占高校总经费的比例近几年来逐渐提高，达到现阶段的21.4%，与国外公立大学的22%接近。这种成本分担的模式固然加大了受教育者个体的负担，而高等教育的其他受益者，比如雇主、企业在成本分担时却坐享其成。这种成本分担模式的遗漏，必将导致经费筹措渠道的窄小与不畅通。

而在学生和国家这两个成本分担主体中，国家作为最大受益者其投入比例却在下降，至今仍然不能达到GDP的4%，这无疑促使高校通过提高学费的方式来进行补偿，这是很不公平的。因此，国家应该在保证投入稳定并且适当提高的基础上，加大对企业征收高等教育税费的力度，向雇主和企业客税，使高校收入得到法律的保障和约束，保证

高等教育经费的合理收入，给高等教育经费提供一个良好的运转环境，间接约束和遏止高校收费的提高。其次，由于地区经济对学费标准影响比较大，对于地处经济相对落后地区的优质高校资源，如果不能通过学费筹措到相对充足的资金，政府则需要提供一些政策上的倾斜、经济上的补助，确保其办学经费与资源的充足。

从经济的角度来看，实行专业差别收费政策，建立一种杠杆机制，可以有效优化高教资源配置。许多高校都是文、理、冷、热专业同实行一种学费标准，这种“一刀切”的收费模式体现出我国现行高等教育收费标准的不完善与不公平。鉴于专业差别在影响收费标准中的重要性、与制衡性，因此对于不同专业采取差别收费是非常有必要的。

高校实现专业差别收费所依据的理论主要有两个方面：第一是收益理论，第二是福利效应理论。前者指的是消费者在“消费”高等教育之后，会以薪酬等方式取得回报，即产生收益，进而可以估算出相应的投资回报率；后者指的是消费者在“消费”高等教育后，会产生相应的效用，这也是其接受高等教育的主要原因，比如地位、收入等方面的提升。基于高等教育，特别是名校的高等教育的需求价格弹性在一定程度上呈明显的刚性特征，即学费的变化不会对教育需求产生明显的影响，因此，应适当调整学术性学位与职业性学位、冷门专业与热门专业、文理专业之间的差别。

从受教育者角度来说，既然专业差别在学费收取中也占有相当大的比例，那么就应该按照学生的不同专业来差别收费，以达到公平，避免学校拿着成本较低的专业现有经费去发展那些可以带来更大利润和利益空间的专业，那样成本较低专业的学生所缴纳的学费不能有效被个人利用，给学生造成个人经济上的浪费。从学校角度来说，由于高校部分热门专业的需求价格弹性不大，使得人们在实行差别收费后并不从中退出，还是继续报考热门专业，因为热门专业收益高的可能性大，尽管多收一些费用，对其效用相对来说还是比冷门专业大。在某些教育消费群体中，热门专业的需求价格弹性甚至趋于零，基于对热门专业的偏好性，在某种程度上抵消了差别收费的政策效果。

从另一角度而言，热门专业多收的学费可以通过学校的资源再分配，用于该校其他专业学生的教育与培养，改善其资源的配置状况。不同专业的私人收益率有较大差别，从经济发展水平的角度来考虑，通常情况下，农学、哲学等冷门专业的收益率远小于电子工程、金融保险等热门专业的相应收益率。因此，教育消费者对热门专业的效用必然大于对冷门专业的效用，可以通过剥夺一部分热门专业教育消费者剩余的方式来建立一种杠杆机制，优化高校的资源配置，以确保各类学科发展不会严重失衡。从教育的角度来看，关键是要建立合理的成本核算制度，让高等教育回归教育的属性，进而实现教育公平。生均教育成本这一因素在学费标准制定中所发挥的作用是其他影响因素无可相比的，其权重达到 1.2 之多，是最弱影响因素的 4~5 倍。在当今“高等教育收费太高”的民声呼吁下，要想降低、更加合理化高等教育收费，必须从降低生均成本入手，应尽快建立理性的高等教育生均成本核算制度，只有它才是有效规范学费的主要途径。

成本的高低直接影响着学费标准的多少，从《教育部 2007 年工作要点》中得知，《高等学校生均成本核定办法》即将制定，教育部将根据新出台的办法重新核定大学学费标准。从理性的角度出发，核算教育成本的目的，应该是由此盘清高校究竟应该承担什么职责，高校应如何有效地运用资金，并由此唤醒高校向办学属性、向教育属性回归。如果将成本核算最终演绎为现今所有成本的确认，把所有的行政成本、社会成本、校园维护成本、非教育职能成本都归为学生培养成本，并用很高的比例来让学生分摊，那么，这样的成本核算除了给高校高收费制造理由、提供依据外，对高等教育的发展没有丝毫益处。

我们认为，高等教育在理性核算成本的时候，不应该仅仅把目光局限、停留在简单的教育成本层面。一方面，理性的成本核算，应该有一个透明而明了的统一的标准。从

这个角度而言，即便有《高等学校生均成本核定办法》做前提、规定性保证，但它不一定就能完全保证核算的公正、合理。这就要求有关部门仔细做好必要的核查与监督，确保核算不是无法补偿和收回的糊涂帐。当高等教育呼吁成本核算、当教育部门酝酿成本核算时，必须思考高校和教育部门会不会共同通过成本核定的程序，把不合理的成本合理化、把不合法的收费合法化，从而继续稳定或提高着现存标准？

因此，必须处理好以下几个问题：第一，成本的范围。哪些成本应该计入培养成本，哪些成本不应该计入培养成本是最应该解决的问题。比如说，作为典型公共品的高校基础设施建设校舍食堂等等应否纳入学生培养成本？作为高校普遍存在的行政冗员下的一些行政行为形成的费用能不能计算到学生头上算作“日常运营成本”？对经济社会做贡献、而与学生关系不大的科研费用到底该不该纳入学生承担的“高校成本”？经过调查分析，以下一些费用与成本是不应该计入生均成本的核算当中的：一是履行行政性质而非办学性质职能发生的成本；二是履行社会保障性质而非办学性质职能发生的成本；三是履行办学性质职能而非教育职能发生的成本；四是为体现政绩盲目扩张带来的维护成本。

第二，成本的核算不只是教育部的独角戏。依据现行状况分析，可以作出两个推断：一是这个核算体系很可能由教育主管部门与财政部门共同商定，而高校及部分地方教育与财政部门将更有机会参与到核算的博弈中来；二是以上这些事实上等钱的、逻辑上贴钱的机构都天然有着将高校教育成本做大的偏好，偏偏是真正掏钱的受教育者、具有独立精神的第三方专家和审计机构、及真心关注高等教育的公众没能在《高等学校生均成本核定办法》中找到一席之地。因此，在成本核算办法制定的过程中一定要充分发挥各个相关教育机构、政府、教育者与受教育者以及一些社会团体的积极性，让他们切实参与到成本核算的制定、监督过程中来。

第三，合理化受教育者成本分担的比例。理性的成本核算，应该考虑到全体公众的普通接受能力。也就是说，理性的成本核算的基本、首要的前提，应该考虑到普通公众普遍的接受能力：如何选取一个既能够让普通公众支付、又能让他们不至于穷其一生的半生甚至是一生来偿还的合理的平衡点，也就是说，政府应该加大包括高等教育在内的教育成本的投入，应该勇于担负起民众预先和超前支付的那部分教育成本。在我国个人成本分担能力普遍较低，高等教育收益率普遍较高的情况下，依承受能力确定成本分担标准，有利于实现高等教育机会均等，使现阶段高校收费制度改革所造成的负效应得到最大程度的抑制，也有利于提高全社会领导者的综合素质。在具体实施的过程中，首先可通过对个人平均分担能力的分析，确定一个基准的分担标准，然后再考虑不同地区、学校、专业由于经济发展状况、消耗的资源、需求状况、未来的收益以及入学条件的不同而造成的生均成本和收益率不同等因素，在基准水平上做出适当的调整，以体现“收益结构原则”。惟有如此，理性高等教育成本核算才能够正常进行，教育公平才能真正体现。

八、 参考文献：

- [1]姜启源等，数学模型（第三版），北京：高等教育出版社，2003
- [2]神经网络理论与 MATLAB7 实现 电子工业出版社
- [3]博客中国，2007 年中国大学声誉排行榜
- [4]新浪网，2007 年全国各地区 GDP 财政收入排名

九、 附录

表 3.1 学校办学水平

	排名	声誉得分	学术资源得分	学术成果得分	学生综合素质得分	教师资源得分	硬件资源得分
清华大学	1	100	100	100	100	100	100
中国人民大学	9	82.2	71.1	41.5	85.8	49.6	80.8
厦门大学	19	78	58.6	31.4	83.9	51	49.6
北京大学	2	100	95.2	90	89.3	97.6	87.7
四川大学	20	75.8	49.4	31.7	76.8	46.2	77.5
北京航空航天大学	17	77.6	46.5	43.1	86.5	57.2	64.8
复旦大学	3	91.7	83.6	67.8	84.8	74.5	79.1
中山大学	11	81.2	58	49	78.8	51.9	79.6
同济大学	26	81.5	33	25	77.2	50.2	68.7
浙江大学	5	91.5	61.9	90	74.7	65	90
西安交通大学	11	82	51.5	53.4	85.5	54.1	62.6
中国农业大学	31	69.6	42	17	68.7	59.9	55.2
南京大学	4	89.9	78.6	70.2	89.3	80.8	66.5
中南大学	29	69.3	45.6	24.1	71.8	49.5	58.6
西北工业大学	28	70	31.4	32.7	77.2	46.6	66.8
上海交通大学	7	89	63.8	85.4	80.6	67.8	72.8
哈尔滨工业大学	12	81.9	38.1	63.9	80.1	58.4	63.7
东南大学	22	74.3	51	26.6	81.4	49.6	59
武汉大学	14	82.5	55.1	40.1	84.1	56.1	67.8
中国科技大学	6	89.6	83.8	78	96.2	61.3	51.3
大连理工大学	18	69.4	55.1	54.2	75.3	49.3	47.6
华中科技大学	16	78.5	59.7	43.3	82.6	48.7	67.3
山东大学	25	74.6	41.8	35.1	67.4	50	54.4
北京理工大学	24	69.9	32	35.8	79.1	51.6	69.7
吉林大学	21	75.1	48.3	25.1	74.6	49.3	75.8
天津大学	13	78.9	53.6	56	79.5	57	51
华东师范大学	27	71.8	55	25.6	70.5	41.1	60.6
南开大学	10	84.4	56.7	48.8	85.4	58	62
北京师范大学	8	81.8	63.3	60.4	82.7	60.6	51.9
东北大学	30	65	46.8	22.2	77.2	42.7	64.5

表 3.2 学校办学水平数字化

	排名	声誉	学术资源	学术成果	学生综合素质	师资力量	硬件设施	综合数字化
清华大学	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
中国人民大学	0.7333	0.4914	0.5787	0.2952	0.5644	0.1443	0.6336	0.4916
厦门大学	0.4000	0.3714	0.3965	0.1735	0.5061	0.1681	0.0382	0.2934
北京大学	0.9667	1.0000	0.9300	0.8795	0.6718	0.9593	0.7653	0.8818
四川大学	0.3667	0.3086	0.2624	0.1771	0.2883	0.0866	0.5706	0.2943
北京航空航天大学	0.4667	0.3600	0.2201	0.3145	0.5859	0.2733	0.3282	0.3641
复旦大学	0.9333	0.7629	0.7609	0.6120	0.5337	0.5671	0.6011	0.6816
中山大学	0.6667	0.4629	0.3878	0.3855	0.3497	0.1834	0.6107	0.4352
同济大学	0.1667	0.4714	0.0233	0.0964	0.3006	0.1545	0.4027	0.2308
浙江大学	0.8667	0.7571	0.4446	0.8795	0.2239	0.4058	0.8092	0.6267
西安交通大学	0.6667	0.4857	0.2930	0.4386	0.5552	0.2207	0.2863	0.4209
中国农业大学	0.0000	0.1314	0.1545	0.0000	0.0399	0.3192	0.1450	0.1129
南京大学	0.9000	0.7114	0.6880	0.6410	0.6718	0.6740	0.3607	0.6638
中南大学	0.0667	0.1229	0.2070	0.0855	0.1350	0.1426	0.2099	0.1385
西北工业大学	0.1000	0.1429	0.0000	0.1892	0.3006	0.0934	0.3664	0.1703
上海交通大学	0.8000	0.6857	0.4723	0.8241	0.4049	0.4533	0.4809	0.5887
哈尔滨工业大学	0.6333	0.4829	0.0977	0.5651	0.3896	0.2937	0.3073	0.3956
东南大学	0.3000	0.2657	0.2857	0.1157	0.4294	0.1443	0.2176	0.2512
武汉大学	0.5667	0.5000	0.3455	0.2783	0.5123	0.2547	0.3855	0.4061
中国科技大学	0.8333	0.7029	0.7638	0.7349	0.8834	0.3430	0.0706	0.6189
大连理工大学	0.4333	0.1257	0.3455	0.4482	0.2423	0.1392	0.0000	0.2478
华中科技大学	0.5000	0.3857	0.4125	0.3169	0.4663	0.1290	0.3760	0.3695
山东大学	0.2000	0.2743	0.1516	0.2181	0.0000	0.1511	0.1298	0.1607
北京理工大学	0.2333	0.1400	0.0087	0.2265	0.3589	0.1783	0.4218	0.2239
吉林大学	0.3333	0.2886	0.2464	0.0976	0.2209	0.1392	0.5382	0.2663
天津大学	0.6000	0.3971	0.3236	0.4699	0.3712	0.2699	0.0649	0.3567
华东师范大学	0.1333	0.1943	0.3440	0.1036	0.0951	0.0000	0.2481	0.1598
南开大学	0.7000	0.5543	0.3688	0.3831	0.5521	0.2869	0.2748	0.4457
北京师范大学	0.7667	0.4800	0.4650	0.5229	0.4693	0.3311	0.0821	0.4453
东北大学	0.0333	0.0000	0.2245	0.0627	0.3006	0.0272	0.3225	0.1387

表 3.3 各地区教育经济差异

	地区经济 GDP(亿元)	教育经济发展水平 (年人均 GDP) (元)	各地区大学教育发展 水平 (分)
北京	8879	57431	100
天津	5014	47972	67.57
上海	11658	65473	74.04
重庆	3938	14011	58.61
华中地区(湘鄂豫)	31051	14170	61.07
华北地区(晋蒙冀)	24992	19852	53.01
东北地区(黑吉辽)	22192	20640	74.04
西北地区(陕甘宁新)	11374	12796	68.02
华南地区(粤桂琼)	36370	25140	52.15
华东地区(苏浙鲁闽皖赣)	88366	24968	62.06
西南地区(川贵云藏)	16786	9679	61.15

表 3.4 各地区教育经济差异数字化

	地区经济 GDP	教育经济发展 水平	教育发展水 平	综合数字化
北京	0.058523239	0.855862638	1	0.638128625
天津	0.012744587	0.686328279	0.322257053	0.340443306
上海	0.091438859	1	0.457471264	0.516303375
重庆	0	0.077642757	0.135005225	0.070882661
华中地区(湘鄂豫)	0.321137537	0.080492526	0.186415883	0.196015315
华北地区(晋蒙冀)	0.249372246	0.182331433	0.017972832	0.14989217
东北地区(黑吉辽)	0.216207893	0.196454816	0.457471264	0.290044658
西北地区(陕甘宁新)	0.088075046	0.055866222	0.331661442	0.158534237
华南地区(粤桂琼)	0.384137964	0.27710865	0	0.220415538
华东地区(苏浙鲁闽皖赣)	1	0.274025881	0.207105538	0.493710473
西南地区(川贵云藏)	0.152177003	0	0.188087774	0.113421592

表 3.5 生均教育成本

	生均预算教育费用(元)	生均教育成本(元)
北京市	18228.36	24304.48
天津市	9158.63	12211.50667
河北省	3625.97	4834.626667
山西省	3939.48	5252.64
内蒙古自治区	4109.84	5479.786667
辽宁省	4386.89	5849.186667
吉林省	4024.89	5366.52
黑龙江省	3844.39	5125.853333
上海市	11942.85	15923.8
江苏省	5315.15	7086.866667
浙江省	7154.51	9539.346667
安徽省	3485.29	4647.053333
福建省	4522.93	6030.573333
江西省	2219.41	2959.213333
山东省	3371.39	4495.186667
河南省	4487.95	5983.933333
湖北省	3325.72	4434.293333
湖南省	2722.43	3629.906667
广东省	8272.89	11030.52
广西壮族自治区	4084.73	5446.306667
海南省	2693.09	3590.786667
重庆市	3597.32	4796.426667
四川省	2352.76	3137.013333
贵州省	3905.26	5207.013333
云南省	4663.75	6218.333333
西藏自治区	9872.67	13163.56
陕西省	3466.76	4622.346667
甘肃省	4734.26	6312.346667
青海省	7343.27	9791.026667
宁夏回族自治区	5861.48	7815.306667
新疆维吾尔自治区	3651.19	4868.253333

表 3.6 生均教育成本数字化

	生均预算教育费用	生均教育成本	综合数字化
北京市	1.0000	1.0000	1.0000
天津市	0.4335	0.4335	0.4335
河北省	0.0879	0.0879	0.0879
山西省	0.1074	0.1074	0.1074
内蒙古自治区	0.1181	0.1181	0.1181
辽宁省	0.1354	0.1354	0.1354
吉林省	0.1128	0.1128	0.1128
黑龙江省	0.1015	0.1015	0.1015
上海市	0.6074	0.6074	0.6074
江苏省	0.1934	0.1934	0.1934
浙江省	0.3083	0.3083	0.3083
安徽省	0.0791	0.0791	0.0791
福建省	0.1439	0.1439	0.1439
江西省	0.0000	0.0000	0.0000
山东省	0.0720	0.0720	0.0720
河南省	0.1417	0.1417	0.1417
湖北省	0.0691	0.0691	0.0691
湖南省	0.0314	0.0314	0.0314
广东省	0.3781	0.3781	0.3781
广西壮族自治区	0.1165	0.1165	0.1165
海南省	0.0296	0.0296	0.0296
重庆市	0.0861	0.0861	0.0861
四川省	0.0083	0.0083	0.0083
贵州省	0.1053	0.1053	0.1053
云南省	0.1527	0.1527	0.1527
西藏自治区	0.4781	0.4781	0.4781
陕西省	0.0779	0.0779	0.0779
甘肃省	0.1571	0.1571	0.1571
青海省	0.3201	0.3201	0.3201
宁夏回族自治区	0.2275	0.2275	0.2275
新疆维吾尔自治区	0.0894	0.0894	0.0894

表 3.7 学生需求与收益期望

	高校就业率	非经济收益（分）	经济收益（元）
清华大学工学	98%	100	3167
中国人民大学法学	95.0%	82	2900
厦门大学工学	97.40%	78	2233
北京大学文学	99%	100	2833
四川大学医学	90%	76	2065
北京航空航天大学法学	99.0%	78	2357
复旦大学哲学	95%	92	3863
中山大学医学	94%	81	3083
同济大学文学	95%	81	3517
浙江大学工学	97%	92	2058
西安交通大学管理学	96%	82	3682
中国农业大学农学	87%	70	3289
南京大学经济学	93%	90	1442
中南大学麻醉学	95%	69	2030
西北工业大学工学	96%	70	2352
上海交通大学管理学	96%	89	3596
哈尔滨工业大学管理学	96%	82	1900
东南大学医学	98%	74	2350
武汉大学经济学	94%	82	2759
中国科学技术大学文学	96.56%	90	3700
大连理工大学工学	95%	69	...
华中科技大学经济学	92%	78	3550
山东大学医学	92%	75	...
北京理工大学工学	95%	70	1947
吉林大学历史学	91%	75	1454
天津大学哲学	98%	79	2047
华东师范大学经济学	97%	72	3300
南开大学文学	97%	84	2465
北京师范大学教育学	95%	82	2300
东北大学教育学	91.57%	65	...

表 3.8 学生需求与收益期望数字化

	就业率	非经济收益	经济收益	综合数字化
清华大学工学	92%	1	0.712515489	0.876394052
中国人民大学法学	67%	0.485714286	0.602230483	0.584870479
厦门大学工学	87%	0.371428571	0.326724494	0.521606577
北京大学文学	100%	1	0.574555969	0.858185323
四川大学医学	25%	0.314285714	0.257331681	0.273872465
北京航空航天大学法学	100%	0.371428571	0.377942999	0.583123857
复旦大学哲学	67%	0.771428571	1	0.812698413
中山大学医学	58%	0.457142857	0.677819083	0.572765091
同济大学文学	67%	0.457142857	0.85708385	0.660297791
浙江大学工学	83%	0.771428571	0.254440314	0.619734073
西安交通大学管理学	75%	0.485714286	0.925237505	0.720317264
中国农业大学农学	0%	0.142857143	0.762907889	0.301921677
南京大学经济学	50%	0.714285714	0	0.404761905
中南大学麻醉学	67%	0.114285714	0.242874845	0.341275742
西北工业大学工学	75%	0.142857143	0.375877736	0.422911626
上海交通大学管理学	75%	0.685714286	0.889714994	0.775143093
哈尔滨工业大学管理学	75%	0.485714286	0.189178026	0.474964104
东南大学医学	92%	0.257142857	0.375051632	0.516287052
武汉大学经济学	58%	0.485714286	0.543990087	0.537679235
中国科学技术大学文学	80%	0.714285714	0.932672449	0.81454161
大连理工大学工学	67%	0.114285714	...	0.39047619
华中科技大学经济学	42%	0.371428571	0.870714581	0.552936606
山东大学医学	42%	0.285714286	...	0.351190476
北京理工大学工学	67%	0.142857143	0.208591491	0.339371767
吉林大学历史学	33%	0.285714286	0.004956629	0.208001416
天津大学哲学	92%	0.4	0.249896737	0.522187801
华东师范大学经济学	83%	0.2	0.767451466	0.6002616
南开大学文学	83%	0.542857143	0.422552664	0.599581047
北京师范大学教育学	67%	0.485714286	0.354399009	0.502259987
东北大学教育学	38%	0	...	0.190416667

表 3.10 大学国家投入经费及其数字化

	年均教育经费(亿元)
清华大学	35.91
中国人民大学	5.96
厦门大学	5.62
北京大学	24.08
四川大学	8.49
北京航空航天大学	8.41
复旦大学	13.12
中山大学	8.04
同济大学	9.61
浙江大学	18.74
西安交通大学	10.53
中国农业大学	4.98
南京大学	10.46
中南大学	7.26
西北工业大学	5.83
上海交通大学	14.61
哈尔滨工业大学	14.43
东南大学	7.26
武汉大学	10.48
中国科技大学	5.59
大连理工大学	4.66
华中科技大学	11.51
山东大学	9.49
北京理工大学	8.12
吉林大学	10.47
天津大学	7.11
华东师范大学	5.99
南开大学	5.27
北京师范大学	5.36

	综合数字化
清华大学	1
中国人民大学	0.05876807
厦门大学	0.048082967
北京大学	0.628221245
四川大学	0.138277813
北京航空航天大学	0.135763671
复旦大学	0.283783784
中山大学	0.124135764
同济大学	0.173475801
浙江大学	0.460402263
西安交通大学	0.202388435
中国农业大学	0.02796983
南京大学	0.200188561
中南大学	0.099622879
西北工业大学	0.05468259
上海交通大学	0.330609679
哈尔滨工业大学	0.32495286
东南大学	0.099622879
武汉大学	0.200817096
中国科技大学	0.047140163
大连理工大学	0.017913262
华中科技大学	0.233186675
山东大学	0.169704588
北京理工大学	0.126649906
吉林大学	0.200502828
天津大学	0.094908862
华东师范大学	0.059710874
南开大学	0.037083595
北京师范大学	0.039912005

表 3.11 专业差异

	专业排名	专业类型
清华大学工学	1	1
中国人民大学法学	1	1
厦门大学工学	75	1
北京大学文学	1	0
四川大学医学	3	1
北京航空航天大学法学	174	1
复旦大学哲学	5	0
中山大学医学	3	1
同济大学文学	86	0
浙江大学工学	4	1
西安交通大学管理学	9	1
中国农业大学农学	1	1
南京大学哲学	1	0
中南大学医学	1	1
西北工业大学工学	9	1
上海交通大学管理学	11	1
哈尔滨工业大学管理学	24	1
东南大学医学	29	1
武汉大学经济学	9	1
中国科学技术大学文学	143	0
大连理工大学工学	12	1
华中科技大学经济学	21	1
山东大学医学	17	1
北京理工大学工学	19	1
吉林大学历史学	14	0
天津大学哲学	89	0
华东师范大学经济学	36	1
南开大学文学	19	0
北京师范大学教育学	1	1
东北大学教育学	109	1

表 3.12 专业差异数字化

	排名	综合数字化
清华大学工学	1	1
中国人民大学法学	1	1
厦门大学工学	0.572254335	0.786127168
北京大学文学	1	0.5
四川大学医学	0.988439306	0.994219653
北京航空航天大学法学	0	0.5
复旦大学哲学	0.976878613	0.488439306
中山大学医学	0.988439306	0.994219653
同济大学文学	0.50867052	0.25433526
浙江大学工学	0.98265896	0.99132948
西安交通大学管理学	0.953757225	0.976878613
中国农业大学农学	1	1
南京大学哲学	1	0.5
中南大学医学	1	1
西北工业大学工学	0.953757225	0.976878613
上海交通大学管理学	0.942196532	0.971098266
哈尔滨工业大学管理学	0.867052023	0.933526012
东南大学医学	0.838150289	0.919075145
武汉大学经济学	0.953757225	0.976878613
中国科学技术大学文学	0.179190751	0.089595376
大连理工大学工学	0.936416185	0.968208092
华中科技大学经济学	0.884393064	0.942196532
山东大学医学	0.907514451	0.953757225
北京理工大学工学	0.895953757	0.947976879
吉林大学历史学	0.924855491	0.462427746
天津大学哲学	0.49132948	0.24566474
华东师范大学经济学	0.797687861	0.898843931
南开大学文学	0.895953757	0.447976879
北京师范大学教育学	1	1
东北大学教育学	0.375722543	0.687861272

表 3.13 学费及影响因素总表

	办学水平	国家投入经费	教育经济水平	专业差别	学生需求预期收益	生均教育成本	学费	学费数字化
清华大学工学	1	1	0.638129	1	0.87639	1	5000	0.724637681
中国人民大学法学	0.4916	0.058768	0.638129	1	0.58487	1	5000	0.724637681
天津大学哲学	0.3567	0.094909	0.340443	0.2457	0.52219	0.4335	4200	0.434782609
南开大学经济学	0.4457	0.037084	0.340443	0.448	0.59958	0.4335	4200	0.434782609
复旦大学哲学	0.6816	0.283784	0.516303	0.4884	0.8127	0.6074	5000	0.724637681
厦门大学工学	0.2934	0.048083	0.49371	0.7861	0.52161	0.1439	5460	0.891304348
上海交通大学管理学	0.5887	0.33061	0.516303	0.9711	0.77514	0.6074	5000	0.724637681
四川大学医学	0.2943	0.138278	0.113422	0.9942	0.27387	0.008	4920	0.695652174
西安交通大学管理学	0.4209	0.202388	0.158534	0.9769	0.72032	0.0779	3800	0.289855072
西北工业大学理学	0.1703	0.054683	0.158534	0.9769	0.42291	0.0779	4950	0.706521739
中山大学医学	0.4352	0.124136	0.220416	0.9942	0.57277	0.378	5760	1
中南大学文学	0.1385	0.099623	0.196015	1	0.34128	0.0314	5000	0.724637681
武汉大学 医学	0.4061	0.200817	0.196015	0.9769	0.53768	0.0691	4500	0.543478261
东北大学教育学	0.1387	0	0.290045	0.6879	0.19042	0.1354	4600	0.579710145
吉林大学历史学	0.2663	0.200503	0.290045	0.4624	0.208	0.1128	3800	0.289855072
浙江大学工学	0.6267	0.460402	0.49371	0.9913	0.61973	0.308	4800	0.652173913
南京大学经济学	0.6638	0.200189	0.49371	0.5	0.40476	0.1934	4600	0.579710145
山东大学农学	0.1607	0.169705	0.49371	0.9538	0.35119	0.072	3300	0.108695652
中国科技大学文学	0.6189	0.04714	0.49371	0.0896	0.81454	0.0791	4800	0.652173913
北京大学文学	0.8818	0.628221	0.638129	0.5	0.85819	1	5000	0.724637681
北京航空航天大学法学	0.3641	0.135764	0.638129	0.5	0.58312	1	5000	0.724637681
同济大学文学	0.2308	0.173476	0.516303	0.2543	0.6603	0.6074	5000	0.724637681
中国农业大学农学	0.1129	0.02797	0.638129	1	0.30192	1	3000	0
哈尔滨工业大学管理学	0.3956	0.324953	0.290045	0.9335	0.47496	0.1015	4000	0.362318841
东南大学 工学	0.2512	0.099623	0.49371	0.9191	0.51629	0.1934	4600	0.579710145
	0.2478	0.017913	0.290045	0.9682	0.39048	0.1354	5200	0.797101449
华中科技大学理学	0.3695	0.233187	0.196015	0.9422	0.55294	0.0691	4200	0.434782609
华东师范大学经济学	0.1598	0.059711	0.516303	0.8988	0.60026	0.6074	4400	0.507246377
北京师范大学教育学	0.4453	0.039912	0.638129	1	0.50226	1	4800	0.652173913